



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06274228 A**

(43) Date of publication of application: 30 . 09 . 94

(51) Int. Cl

G05D 3/12
G05B 13/02
(21) Application number: **05082476**

(22) Date of filing: 18 . 03 . 93

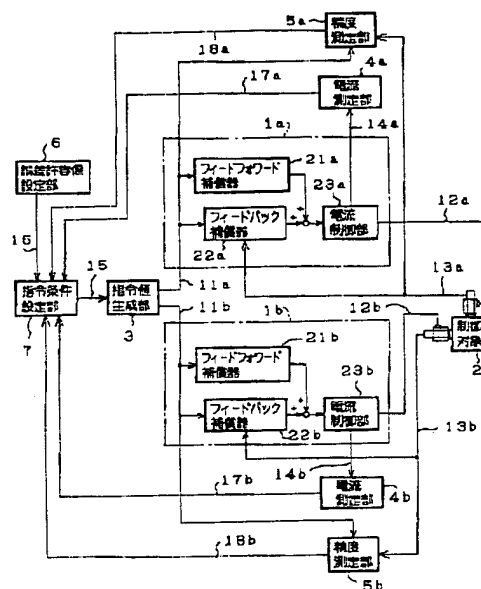
(71) Applicant: **MITSUBISHI ELECTRIC CORP**(72) Inventor: **IWASAKI TAKASHI**
SATOU TOMONORI(54) **NUMERICAL CONTROL DEVICE**

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain a numerical control device to be automatically set up and driven at proper speed and acceleration.

CONSTITUTION: This numerical control device is provided with an error allowance setting part 6 for inputting the allowance of an error, accuracy measuring parts 5a, 5b for measuring the size of an error from operating data, current value measuring parts 4a, 4b for finding out a current evaluation value, a command condition setting part 7 for determining the speed and acceleration of succeeding operation based upon the accuracy in operation, the current evaluation value and the error size, a command value generating part 3 for generating an operation trace command based upon the determined speed and acceleration, and a servo control part for driving a machine tool in accordance with a command value. Consequently proper speed and acceleration to be driven at the accuracy less than the error allowance can be automatically set up by repeating the operation.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-274228

(43)公開日 平成6年(1994)9月30日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 5 D 3/12

G 0 5 B 13/02

識別記号

3 0 5 V 9179-3H

B 9131-3H

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平5-82476

(22)出願日 平成5年(1993)3月18日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 岩崎 隆至

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機

株式会社産業システム研究所内

(72)発明者 佐藤 智典

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機

株式会社産業システム研究所内

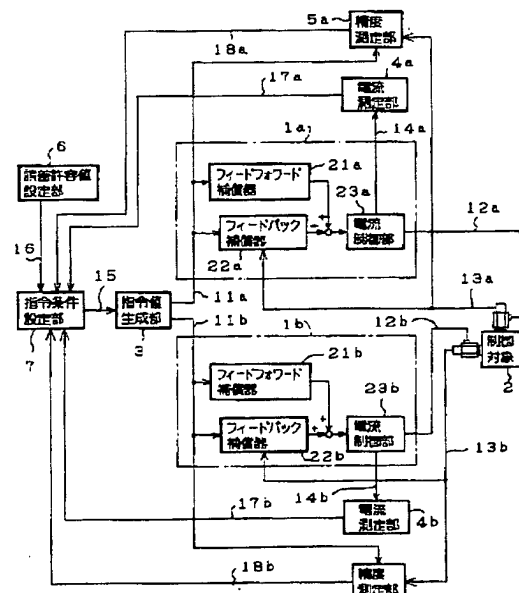
(74)代理人 弁理士 田澤 博昭 (外1名)

(54)【発明の名称】 数値制御装置

(57)【要約】

【目的】 自動的に適切な速度、加速度で設定し動作する数値制御装置を得る。

【構成】 誤差の許容値を入力する誤差許容値設定部6、動作中のデータから誤差の大きさを測定する精度測定部5a、5b、電流の評価値を求める電流値測定部4a、4b、動作中の精度、電流評価値、誤差の大きさをもとに次回動作の速度、加速度を決定する指令条件設定部7、決定された速度、加速度をもとに動作軌跡指令を発生する指令値生成部3、指令値に応じて工作機械を動作させるサーボ制御部1とを備え、動作を繰り返すことにより、誤差許容値以内の精度で動作する適切な速度、加速度を自動的に設定できる。



1a, 1b: サーボ制御部
11a, 11b: 動作指令値
13a, 13b: フィードバック値
16: 誤差許容値
17a, 17b: 電流測定値
18a, 18b: 精度測定値(誤差)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 動作指令値に応じて制御対象を制御するサーボ制御部と、上記制御対象からのフィードバック値と上記動作指令値との誤差の許容値を設定する誤差許容値設定部と、上記制御対象の動作中における上記誤差を測定する精度測定部と、上記誤差許容値設定部で設定された誤差許容値と上記精度測定部で測定された誤差と上記制御対象に流れる電流を測定した電流測定値とに基づいて上記動作指令値の速度、加速度を設定する指令条件設定部と、上記指令条件設定部で決められた速度、加速度を基に上記サーボ制御部への上記動作指令値を生成する指令値生成部とを備えた数値制御装置。

【請求項2】 動作指令値に応じて制御対象を制御するサーボ制御部と、上記制御対象からのフィードバック値と上記動作指令値との誤差の許容値を設定する誤差許容値設定部と、上記制御対象の動作中における上記誤差を測定する精度測定部と、上記誤差許容値設定部で設定された誤差許容値と上記精度測定部で測定された誤差と上記制御対象に流れる電流を測定した電流測定値とに基づいて上記動作指令値の速度、加速度を設定する指令条件設定部と、上記指令条件設定部で決められた速度、加速度を基に上記サーボ制御部への上記動作指令値を生成する指令値生成部と、上記指令条件設定部のパラメータチューニング実行命令に応じて上記制御対象の動作中に得られる上記動作指令値と上記電流測定値とに基づいて上記サーボ制御部のパラメータを修正するパラメータチューニング部とを備えた数値制御装置。

【請求項3】 動作指令値に応じて制御対象を制御するサーボ制御部と、上記制御対象からのフィードバック値と上記動作指令値との誤差の許容値を設定する誤差許容値設定部と、上記制御対象の動作中における上記誤差を測定する精度測定部と、上記誤差許容値設定部で設定された誤差許容値と上記精度測定部で測定された誤差と上記制御対象に流れる電流を測定した電流測定値とに基づいて上記動作指令値の速度、加速度を設定する指令条件設定部と、上記指令条件設定部で決められた速度、加速度を基に上記サーボ制御部への上記動作指令値を生成する指令値生成部と、上記指令条件設定部の学習制御実行命令に応じて上記制御対象の繰り返し駆動時に得られる前回の誤差を基に上記サーボ制御部に対して修正値を出力する学習制御部とを備えた数値制御装置。

【請求項4】 動作指令値に応じて制御対象を制御するサーボ制御部と、上記制御対象からのフィードバック値と上記動作指令値との誤差の許容値を設定する誤差許容値設定部と、上記制御対象の動作中における上記誤差を測定する精度測定部と、上記誤差許容値設定部で設定された誤差許容値と上記精度測定部で測定された誤差と上記制御対象に流れる電流を測定した電流測定値とに基づいて上記動作指令値の速度、加速度を設定する指令条件設定部と、上記指令条件設定部で決められた速度、加速

度を基に上記サーボ制御部への上記動作指令値を生成する指令値生成部と、上記精度測定部で測定された誤差の大きさを表示する表示部とを備えた数値制御装置。

【請求項5】 動作指令値に応じて制御対象を制御するサーボ制御部と、上記制御対象からのフィードバック値と上記動作指令値との誤差の許容値を設定する誤差許容値設定部と、上記制御対象の動作中における上記誤差と動作軌跡の形状と速度、加速度との関係を保存するデータベースと、上記誤差許容値設定部で設定された誤差許容値と要求される動作軌跡とから上記データベースを基に指令値の速度、加速度を設定する指令条件設定部と、上記指令条件設定部で決められた速度、加速度を基に上記サーボ制御部への上記動作指令値を生成する指令値生成部とを備えた数値制御装置。

【請求項6】 上記誤差許容値設定部で設定する誤差許容値を指定するプログラムを備えた請求項1～5項のいずれか1項記載の数値制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、機械系を駆動する数値制御装置、特に工作機械、ロボットなどを駆動する数値制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図13は例えば特開昭63-298501号公報に示された従来の動作速度を変更する手段を持つ数値制御装置を示すブロック図であり、図において、2は制御対象、3は指令値生成部、22はPD制御を行うフィードバック補償器、109は可変速学習制御器であり、107は速度設定部、108は学習制御部である。

【0003】 次に動作について説明する。指令値生成部3では制御対象2を動作させる目標値である指令値を生成する。フィードバック補償器22はこの指令値と制御対象2の出力との誤差を基にPD演算を行い、制御対象2への適切な入力を決定する。以上のフィードバック制御のみでは、制御対象2を指令値に適切に追従させることができないため、繰り返して同じ指令値を与える場合、学習制御部108において前回までの誤差を基に適切な修正量を求め、制御対象2への入力に加える。制御対象2を高速に動作させる場合、フィードバック補償器22のみを用いた制御では過大な誤差が発生してしまうため、速度設定部107ではまず低速度を指令値生成部3に設定し、その速度により繰り返し動作を行い、学習制御部108にて学習を行う。その後、速度設定部107で高速度を設定し、繰り返し動作を行って学習制御部108にて学習を行う。設定速度を変更する場合、学習制御部108では、変更する速度の大きさに応じて制御対象2への入力に加える修正値を補正する。

【0004】 図14は例えば三菱数値制御装置MELDAS300/300Vシリーズプログラミング説明書

(1990)に示されたプログラミング言語に基づくプログラムであり、図において、N010、N020、N030は動作の各ステップを示す。

【0005】次に動作について説明する。N010ではワーク座標系1を指定し、絶対値指令により、 $X=0$ 、 $Y=0$ の原点へ早送りを行い、主軸を回転させ、切削液をオンにする。次にN020では、速度200mm/min、主軸回転数1000rpmでZ軸方向に-10mm直線補間で送る。最後にN030では、速度250mm/min、中心座標 $X=0$ 、 $Y=50$ で反時計回りに円弧補間で送る。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の数値制御装置は以上のように構成されているので、指令速度の変更は行いが、変更する速度の値は予め決めておかねばならず、また、誤差の大きさを速度の設定には反映させないなどの問題点があった。

【0007】また、従来の数値制御装置におけるプログラムは、動作を速度でしか指定できないなどの問題点があった。

【0008】請求項1乃至4の発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、誤差の大きさやアクチュエータの能力に応じて動作速度、加速度を自動的に設定できる数値制御装置を得ることを目的とし、また請求項5、6の発明は誤差の許容範囲をプログラミング可能な数値制御装置を得ることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係る数値制御装置は、誤差の許容値を設定する誤差許容値設定部、誤差の大きさを求める精度測定部、動作速度、加速度の大きさを設定する指令条件設定部を備えたものである。

【0010】請求項2の発明に係る数値制御装置は、請求項1の発明にさらにサーボ制御部のパラメータを修正するパラメータチューニング部を備えたものである。

【0011】請求項3の発明に係る数値制御装置は、請求項1の発明にさらにサーボ制御部に修正値を出力する学習制御部を備えたものである。

【0012】請求項4の発明に係る数値制御装置は、請求項1の発明にさらに誤差を表示する表示部を備えたものである。

【0013】請求項5の発明に係る数値制御装置は、誤差の許容値を設定する誤差許容値設定部、動作軌跡と発生する誤差の大きさと速度、加速度の様々な関係を保存するデータベース部、動作速度、加速度の大きさを設定する指令条件設定部を備えたものである。

【0014】請求項6の発明に係る数値制御装置は、誤差の許容範囲を指定できるプログラムを備えたものである。

【0015】

【作用】請求項1の発明における数値制御装置は、駆動時のデータから誤差の大きさと必要な電流値を求め、指定された誤差許容値および予め判っている電流許容値との比較により、速度、加速度の設定部を変更する。

【0016】請求項2の発明における数値制御装置は、誤差の大きさが誤差許容値を超えた場合に、サーボ制御部のパラメータを自動的にチューニングし、誤差を改善する。

【0017】請求項3の発明における数値制御装置は、誤差の大きさが誤差許容値を超えた場合に、繰り返し動作による学習制御を行い、誤差を改善する。

【0018】請求項4の発明における数値制御装置は、駆動時のデータから求めた誤差の大きさを使用者が認識できるように表示する。

【0019】請求項5の発明における数値制御装置は、指定された誤差許容値および動作軌跡の特徴からデータベースの情報をもとに、速度、加速度の設定値を決定する。

【0020】請求項6の発明における数値制御装置は、プログラム中で誤差許容値が指定された場合に速度、加速度の自動設定を実行する。

【0021】

【実施例】

実施例1. 以下、請求項1の発明の一実施例を図について説明する。図1において、21a、21bはフィードフォワード補償器、22a、22bはフィードバック補償器、23a、23bは電流制御部、1a、1bはサーボ制御部でフィードフォワード補償器21a、21b、フィードバック補償器22a、22b、電流制御部23a、23bから構成される。2は制御対象、3は指令値生成部、4a、4bは電流測定部、5a、5bは精度測定部、6は誤差許容値設定部、7は指令条件設定部、11a、11bは指令値生成部3で生成された動作指令値、12a、12bはサーボ制御部1a、1bで生成された制御対象2への操作量、13a、13bは制御対象2に備え付けられた位置センサのフィードバック値、14a、14bは動作中の電流値、15は指令条件設定部7の出力である指令条件設定値、16は誤差許容値、17a、17bは電流測定値でピーク電流値と実効電流値からなる。18a、18bは誤差としての精度測定値（誤差）である。なお、制御対象2はここでは工作機械における2軸のXYテーブルであり、図中の番号の添字a、bはそれぞれX軸用、Y軸用のブロックを示す。

【0022】次に動作について説明する。サーボ制御部1a、1bは制御対象2を動作指令値11a、11b通りに駆動することが目的であり、フィードバック補償器22a、22bは動作指令値11a、11bとフィードバック値13a、13bとの誤差をもとにフィードバック電流指令値を求め、フィードフォワード補償器21a、21bは動作指令値11a、11bと制御対象2の

(4)

6

モデルをもとにフィードフォワード電流指令値を求める。電流制御部23a, 23bはフィードバック電流指令値とフィードフォワード電流指令値との和である電流指令値を入力とし、制御対象2の電動機への操作量12a, 12bである電流を出力する。指令値生成部3では指令条件設定値15すなわち速度、加速度の設定値と、予め与えられた軌跡をもとにX, Y各軸の動作指令値11a, 11bを生成する。

【0023】精度測定部5a, 5bと電流測定部4a, 4bでは、動作時のデータをもとにそれぞれ精度測定値*10

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{\int i^2 dt}{t_1}}$$

【0025】ここで、iは動作中の電流値、t₁は今回の動作指令値11a, 11bが実行される時間を示す。従来の数値制御装置では、速度、加速度の指令条件設定値15は予め決められており、それに基づいて動作指令値を生成していたが、この発明の数値制御装置では動作時のデータをもとに適切な速度、加速度の設定値を学習する。すなわち、指令条件設定部7では、誤差許容値設定部6で入力された誤差許容値16と電動機の特性和から予め設定されているピーク電流値の許容値と、実効電流値の許容値とを、それぞれ精度測定値18a, 18b、電流測定値17a, 17bと比較し、次の動作における速度、加速度の設定値15を決定する。

【0026】図2は速度、加速度の設定手順を示すフローチャートである。ステップST1で動作が開始されると、まずステップST2で誤差許容値設定部6において誤差許容値16を設定し、ステップST3で速度、加速度の指令条件設定値15の初期値を決定する。次に、決定した速度、加速度を用いてステップST4で指令値生成部3において動作指令値11a, 11bを生成しサーボ制御部1a, 1bを動作させる。動作時のデータをも※

*18a, 18bとピーク電流値および実効電流値からなる電流測定値17a, 17bを求める。すなわち、精度測定部5a, 5bでは、動作指令値11a, 11bとフィードバック値13a, 13bとの誤差の最大値を精度測定値18a, 18bとする。また、電流測定部4a, 4bでは、動作中の電流値14a, 14bの最大値をピーク電流値とし、動作中の電流値をもとに(1)式により計算した値を実効電流値I_{rms}とする。

【0024】

【数1】

$$\dots\dots\dots (1)$$

※とにステップST5でピーク電流値、実効電流値を求め、ステップST6で精度測定値18a, 18bを求める。ステップST7でピーク電流値、実効電流値、精度測定値18a, 18bをそれぞれの許容値と比較し、全てが許容値以下であればステップST8で次の速度、加速度を今回よりも大きな値に設定する。いずれかの値が許容値を超えていた場合にはステップST9で次の速度、加速度を今回よりも小さな値に設定する。これまでに動作させた速度、加速度の値とステップST9で決定した値とをもとに終了判定をステップST10で行う。ステップST10の結果が終了でなければ、およびステップST8における速度、加速度の設定が終了したならば、ステップST4に戻って再び制御対象2を動作させる。ステップST10の結果が終了であればステップST11にて学習の手順を終了し、これ以後は求めた速度、加速度により動作を行う。上記ステップST8における高速化は次式をもとに決定する。

【0027】

【数2】

$$V_{next} = \min(\sqrt{V_{now} \cdot V_{ng} \cdot 1.5 V_{now}}) \dots\dots\dots (2)$$

$$A_{next} = k \cdot V_{next}$$

【0028】ここで、V_{now}は今回の動作時の速度、V_{next}はそれぞれ次の動作時の速度、加速度、V_{ng}はこれまで動作を実行した速度でST7の結果がNOとなったもののうち最小の速度、kは速度が決まった場合にその速度に対応して適切な加速度を求めるための定数である。(2)式は今回の速度の1.5倍と、過去

に誤差あるいは電流が過大になった速度と今回の速度の相乗平均との小さい方を次の速度とすることを示す。上記ステップST9における低速化は次式をもとに決定する。

【0029】

【数3】

$$\dots\dots\dots (4)$$

$$\dots\dots\dots (5)$$

$$A_{next} = k \cdot V_{next}$$

【0030】ここで、 V_{ok} はこれまで動作を実行した速度でステップST7の結果がYESとなったもののうち最大の速度である。(4)式は過去に誤差あるいは電流が過大にならなかった速度と今回の速度の相乗平均を次の速度とすることを示す。ステップST10の終了判定は、

$$1. 1 V_{next} > V_{now} \quad \dots\dots (6)$$

が成立した場合に、 $V_{next} = V_{ok}$ とし、終了とする。

【0031】なお、この実施例1では、誤差と電流値とを速度の制限の評価に用いたが、誤差に対する要求がなく、電流値のみから速度を決定したい場合には、誤差許容値を十分に大きな値に設定することで実現できる。

【0032】実施例2. 請求項1の発明の他の実施例を図について説明する。図3において、図1と同一符号は同一部分を示し、5cは精度測定部としての軌跡精度測定部(精度測定部)、11cは軌跡上での動作指令値、18cは誤差としての軌跡精度測定値である。実施例1では精度測定部5a、5bにおいてX軸、Y軸それぞれの誤差を測定して指令条件設定部7で用いていたが、本実施例ではXY平面上での軌跡上の誤差をもとに指令条件設定部7での速度、加速度の設定値15を決定する。軌跡上の誤差は、軌跡精度測定部5cにおいてXYの2軸のフィードバック値13a、13bをもとにXY平面上での動作軌跡経路を求め、これと軌跡上での動作指令値11cとの差をとることにより、求めることができる。本実施例のように軌跡上の誤差を用いた場合の方が、例えば工作機械による加工結果への誤差の影響の評価としては直接的なものである。

【0033】実施例3. 次に請求項2の発明の実施例を図について説明する。図4において、図3と同一符号は同一部分を示し、8a、8bはパラメータチューニング部、19a、19bはパラメータチューニング実行指令である。パラメータチューニング部8a、8bは、例えば特願平4-112369号「2自由度制御装置及び電動機のサーボ制御装置」に示されたように、動作指令値11a、11bと動作中の電流値14a、14bとを用いて、制御対象2のモデルのパラメータ、例えば負荷の慣性モーメントの大きさ、摩擦の大きさなどを同定し、その結果に応じてフィードフォワード補償器21a、21b、フィードバック補償器22a、22bのパラメータを自動的にチューニングする機能を持つ。理論上は、制御対象2のモデルのパラメータが正確に求められている場合には、速度、加速度指令条件設定値15に拘らずフィードフォワード補償器21a、21b、フィードバック補償器22a、22bのパラメータの適切な値が決定できるが、実際には摩擦の特性が動作速度に依存するなどの理由で、動作速度毎に適切なパラメータをチューニングしなされた方が軌跡誤差が小さくなる場合が多い。そこで、この実施例では、速度、加速度を変更し、その結果の軌跡精度が誤差許容値より大きくなった場合

に、パラメータチューニングを実行して、変更した速度、加速度に対する誤差を誤差許容値以下にしようとする。

【0034】図5は本実施例における速度、加速度の設定手順を示すフローチャートであり、図2と同一符号は同一内容のステップを示す。ステップST7において、誤差、ピーク電流値、実効電流値のいずれかが許容値を超えてNOと判定された場合は、ステップST12において、今回の速度、加速度の設定値でパラメータチューニングが実行されているか、実行されていたならそのチューニングによるパラメータ変化量は基準値よりも小さいかという比較を行う。その結果、今回の速度、加速度の設定値でチューニングが行われており、かつそのチューニングによるパラメータ変化量は基準値よりも小さい場合には、今回の速度、加速度におけるパラメータチューニングは完了したと判断し、ステップST9に進んで図2と同様の処理を行う。パラメータチューニングが完了していなかった場合には、ステップST13により、今回の動作時のデータからパラメータチューニングを実施し、その結果得られたパラメータを用いて、速度、加速度を修正せずにステップST4において再び動作を実行する。本実施例によると、実施例2よりは動作の回数が増加するが、同じ誤差許容値に対してより高速な動作を実現できる可能性がある。

【0035】実施例4. 請求項3の発明の実施例を図について説明する。図6において、図1と同一符号は同一部分を示し、10a、10bは学習制御部、20a、20bは学習制御実行指令である。学習制御部10a、10bは、例えば特開昭63-298501号公報の「制御装置」に示されるように、動作中の動作指令値11a、11bとフィードバック値13a、13bとの差に適切な演算を行ったデータを記憶し、次回動作中に記憶したデータをフィードバック補償器22a、22bの出力に加えることにより、動作毎に動作指令値11a、11bとフィードバック値13a、13bとの差を小さくしていく機能を持つ。そこで本実施例では、実施例3におけるパラメータチューニング部8a、8bのかわりに学習制御部10a、10bを備えることにより、実施例3と同様の効果を得ることができる。

【0036】実施例5. 請求項4の発明の実施例を図について説明する。図7において、図3と同一符号は同一部分を示し、9は表示部としての軌跡精度表示部(表示部)である。軌跡精度表示部9では、軌跡精度測定部5cで用いたデータをもとに、誤差の最大値およびその誤差が生じている軌跡上の点を、数値あるいはグラフで表示する。この軌跡精度表示部9を備えたことにより、数値制御装置のユーザは軌跡上の誤差の大きな点とその値を把握でき、軌跡指定時の参考にすることができる。

【0037】実施例6. 請求項5の発明の実施例を図について説明する。図8において、図1と同一符号は同一

部分を示し、7cはこの実施例における指令条件設定部、30はデータベースである。この実施例では、誤差許容値設定部6で誤差許容値16が設定されると、指令条件設定部7cにおいて、指定された軌跡の形状の情報と誤差許容値16とをもとにデータベース30に蓄えられた情報から適切な速度、加速度の設定値15を決定し、指令値生成部3に出力する。図9はデータベース30の内容を示しており、軌跡の半径R、最大誤差E、速度Vの関係を示すデータが羅列されている。例えば、指定された軌跡が半径5mmに相当する運動を行っており、誤差許容値8 μ mと指定された場合には、データベースから余裕を見て半径5mm、最大誤差5 μ mの場合の速度である3000mm/minを採用する。また、この場合の加速度は(5)式により求める。

【0038】なお、上記実施例6では、安全を考えてデータベース30にあるより厳しい条件の速度を選択したが、複数のデータの内挿によって決定してもよい。また、データベース30中のデータは、R、E、Vのみの場合を示したが、対応するR、Eに対し最適なフィードフォワード補償器21とフィードバック補償器22のパラメータを併せて記憶しておいてもよい。この場合には指令条件設定部7cでは、速度、加速度の設定値15とフィードフォワード補償器21a、21bとフィードバック補償器22a、22bのパラメータを設定することになる。

【0039】実施例7、請求項5の発明の他の実施例を図について説明する。図10において、図4、図8と同一符号は同一部分を示し、7dはこの実施例における指令条件設定部である。この実施例の指令条件設定部では、指定された軌跡と誤差許容値に有効なデータがデータベース30内にあれば、そのデータをもとに指令条件を決定し、動作を行わせる。動作の後、もし得られた速度、精度、電流値がデータベース30に蓄えられていたものと矛盾すれば、データベース30にその結果を更新あるいは追加する。指定された軌跡と誤差許容値に有効なデータがデータベース30内になければ、実施例3と同じ手順で指令の速度、加速度およびフィードフォワード補償器21a、21bとフィードバック補償器22a、22bのパラメータを決定し、その結果をデータベース30に追加する。この実施例のような構成にすることにより、データベース30に備えている条件の動作は動作の試行を行わずに速度、加速度を設定でき、それ以外の条件では試行を繰り返すことにより学習的に速度、加速度を設定できる。

【0040】実施例8、請求項6の発明の実施例を図について説明する。図11において、40はプログラム全体を示す。N100からN230まではそれぞれのステップを示し、M300は指令条件の学習開始を示すMコード、M301は同じく終了を示すMコード、 $\alpha 10$ は誤差許容値と指令条件を代入しておく変数名で、 α が変

数の種類を示し、10はその番号である。

【0041】 α で示される変数は、(誤差許容値、速度、加速度、補償器のパラメータ)という構造になっている。使用者は誤差許容値を予め代入する。N100からN140までは、 $\alpha 10$ の内容を代入するための学習のためのプログラムであり、N100のM300およびN140のM301は、N110からN130のステップが学習の手順であることを示している。N110ではワーク座標系1を指定し、絶対値指令により、 $X=0$ 、 $Y=0$ の原点へ早送りを行う。N120では、速度200mm/minでZ軸方向に-10mm直線補間で送る。最後にN130では、速度250mm/min、中心座標 $X=0$ 、 $Y=50$ で反時計回りに円弧補間で送る。以上の動作を繰り返して、 $\alpha 10$ の速度、加速度、補償器のパラメータを例えば実施例3に示したような方法で決定し、代入する。学習終了後、通常の加工のためのプログラム中で $\alpha 10$ を使用すると、学習時に得られた速度、加速度、補償器のパラメータを用いた動作が実現でき、予め代入した誤差許容値を満足する高速動作が実現できる。すなわち、N210からN230では、まずN210ではワーク座標系1を指定し、絶対値指令により、 $X=0$ 、 $Y=0$ の原点へ早送りを行い、主軸を回転させ、切削液をオンにする。次に、N220では、速度200mm/min、主軸回転数1000rpmでZ軸方向に-10mm直線補間で送る。最後にN230では、学習によって決定した速度、加速度、補償器パラメータを用いて、中心座標 $X=0$ 、 $Y=50$ で反時計回りに円弧補間で送る。

【0042】実施例9、請求項6の発明の他の実施例を図について説明する。図12において、50はプログラム全体を示す。N310からN330まではそれぞれのステップを示し、各ステップの内容は図11のN210からN230までと同一である。この実施例におけるプログラムは、学習のためのステップを陽に書くことなしに、許容誤差を満足する動作を実現するものである。すなわち、N310からN330までのプログラムが実行された場合、まず速度、加速度、補償器のパラメータの代入されていない α 変数を探し、もしあればその変数の値を代入するのに必要な学習動作を自動的に生成して実行する。この実施例9では、N330の $\alpha 10$ のための学習動作が実行され、 $\alpha 10$ の値の決定後、誤差許容値を満足する高速動作が実行される。

【0043】なお、実施例6に示したようなデータベースによる方式では、学習動作の実行なしで、 $\alpha 10$ にデータベースから適切な指令条件を代入することができ

る。

【0044】

【発明の効果】以上のように、請求項1の発明によれば、誤差許容値を入力でき、自動的に電流および誤差の大きさを評価して動作条件を設定できるように構成した

ので、工作機械の動作を誤差の大きさによって制限でき、望ましい精度の加工が短時間で実現できる効果がある。

【0045】また、請求項2の発明によれば、請求項1の発明に加えてサーボ系内部の補償パラメータを自動的に設定するように構成したので、工作機械の動作を誤差の大きさによって制限でき、望ましい精度の加工がさらに短時間で実現できる効果がある。

【0046】請求項3の発明によれば、請求項1の発明に加えてサーボ系の誤差を減少させる学習制御を自動的に行うように構成したので、工作機械の動作を誤差の大きさによって制限でき、望ましい精度の加工がさらに短時間で実現できる効果がある。

【0047】請求項4の発明によれば、請求項1の発明に加えて使用者に対し誤差の大きさを表示できるように構成したので、誤差の要因の把握が容易な工作機械を実現できる効果がある。

【0048】請求項5の発明によれば、誤差の大きさと動作条件の関係を記憶したデータベースを持ち、その情報をもとに誤差許容値から動作条件の設定を行うように構成したので、動作条件設定のための動作を必要とせず、工作機械の動作を誤差の大きさによって制限でき、望ましい精度の加工が短時間で実現できる効果がある。

【0049】請求項6の発明によれば、誤差許容値をプログラミングできるように構成したので、工作機械の動作を誤差許容値に基づく動作を容易に実現できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1の発明の一実施例による数値制御装置を示すブロック図である。

【図2】請求項1の発明の一実施例の手順を示すフローチャートである。

【図3】請求項1の発明の他の実施例による数値制御装置を示すブロック図である。

【図4】請求項2の発明の一実施例による数値制御装置を示すブロック図である。

【図5】請求項2の発明の一実施例の手順を示すフローチャートである。

【図6】請求項3の発明の一実施例による数値制御装置

を示すブロック図である。

【図7】請求項4の発明の一実施例による数値制御装置を示すブロック図である。

【図8】請求項5の発明の一実施例による数値制御装置を示すブロック図である。

【図9】請求項5の発明の一実施例により用いられるデータベースの内容を示す構成図である。

【図10】請求項5の発明の他の実施例による数値制御装置を示すブロック図である。

10 【図11】請求項6の発明の一実施例による数値制御装置のプログラムを示す構成図である。

【図12】請求項6の発明の他の実施例による数値制御装置の他のプログラムを示す構成図である。

【図13】従来の数値制御装置を示すブロック図である。

【図14】従来の数値制御装置のプログラムを示す構成図である。

【符号の説明】

1 a, 1 b サーボ制御部

2 制御対象

3 指令値生成部

5 a, 5 b 精度測定部

5 c 軌跡精度測定部 (精度測定部)

6 誤差許容値設定部

7, 7 c, 7 d 指令条件設定部

8 a, 8 b パラメータチューニング部

9 軌跡精度表示部 (表示部)

10 a, 10 b 学習制御部

11 a, 11 b, 11 c 動作指令値

30 13 a, 13 b フィードバック値

16 誤差許容値

17 a, 17 b 電流測定値

18 a, 18 b 精度測定値 (誤差)

18 c 軌跡精度測定値 (誤差)

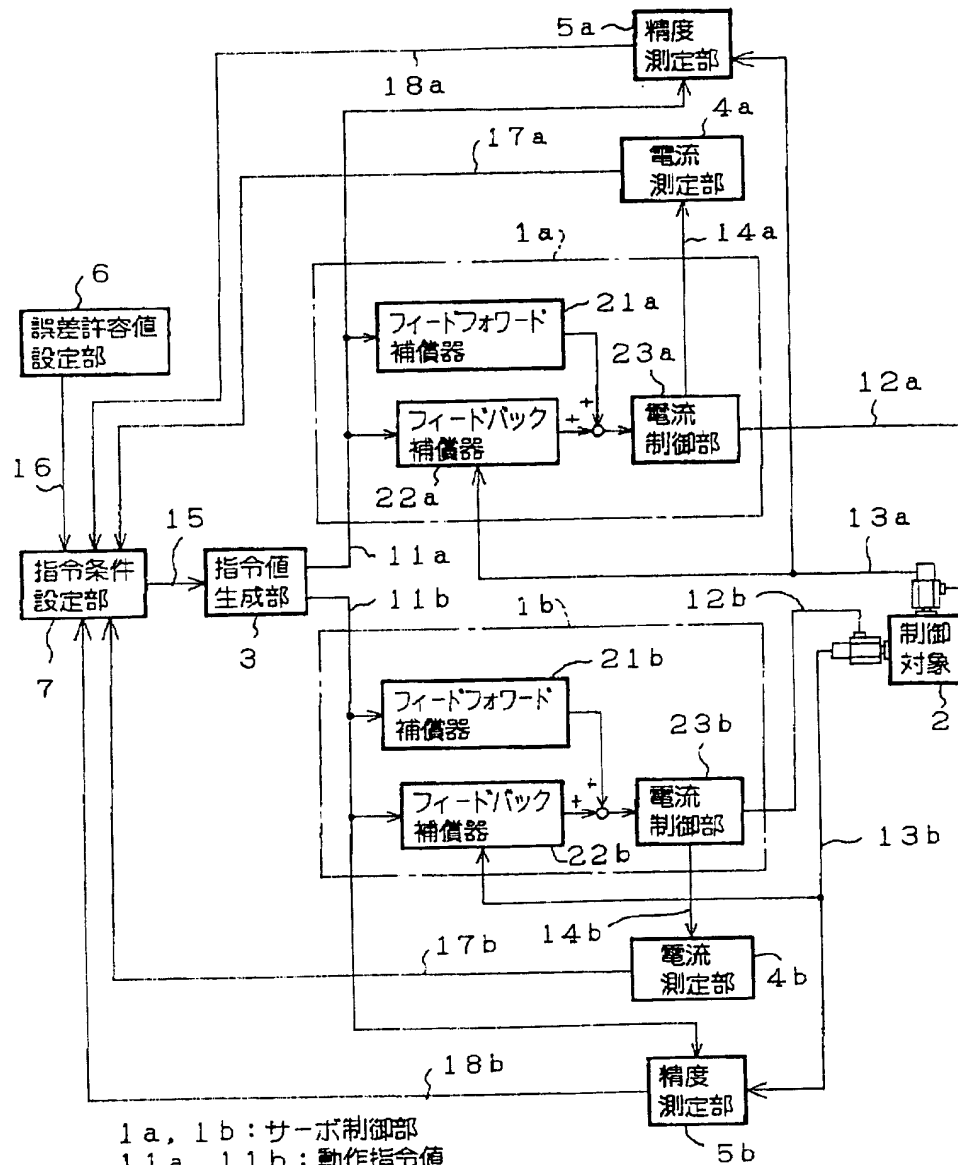
19 a, 19 b パラメータチューニング実行指令

20 a, 20 b 学習制御実行指令

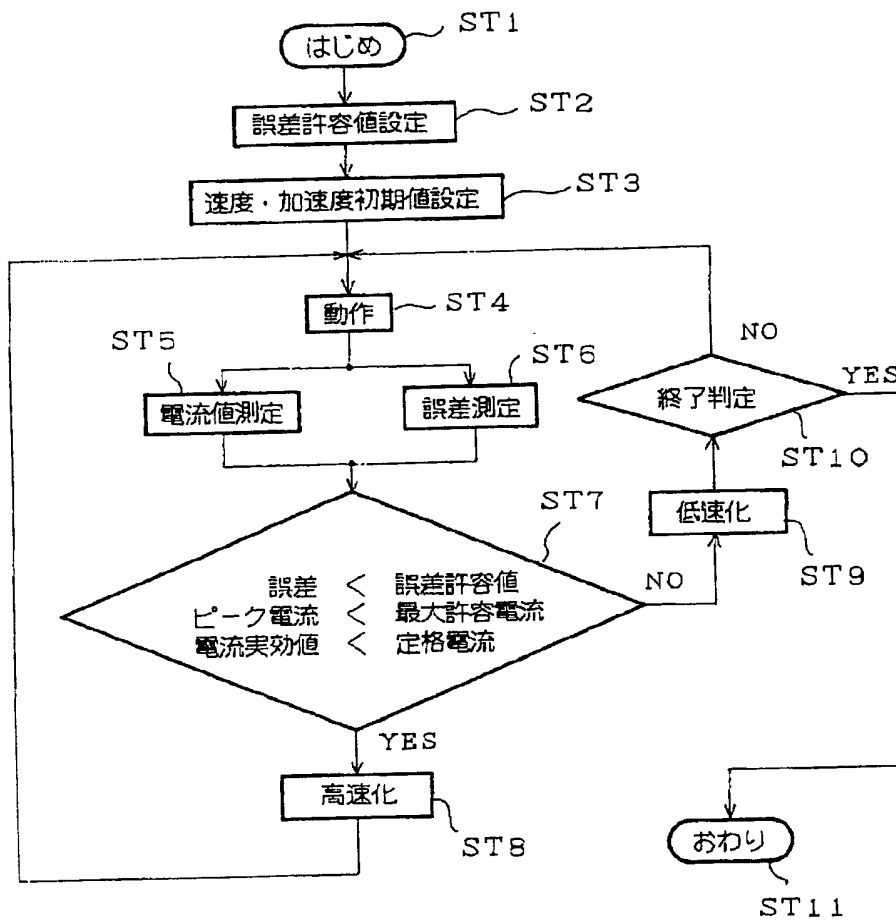
30 データベース

40, 50 プログラム

【図1】



【図2】



【図9】

軌跡半径R (mm)	最大誤差E (μm)	速度V (mm/min)
5	5	3000
5	10	4000
5	15	8000
5	20	20000
10	5	3500
10	10	5000
10	15	8000
10	20	25000
...

【図14】

/*従来例*/

```

N010 G54 G90 G00 X0 Y0 M03 M08;
N020 G01 Z-10.0 F200 S1000;
N030 G03 10.0 J50.0 F250;

```

/*

G54:ワーク座標系1

G90:絶対値指令

G00:早送り

M03:主軸正転

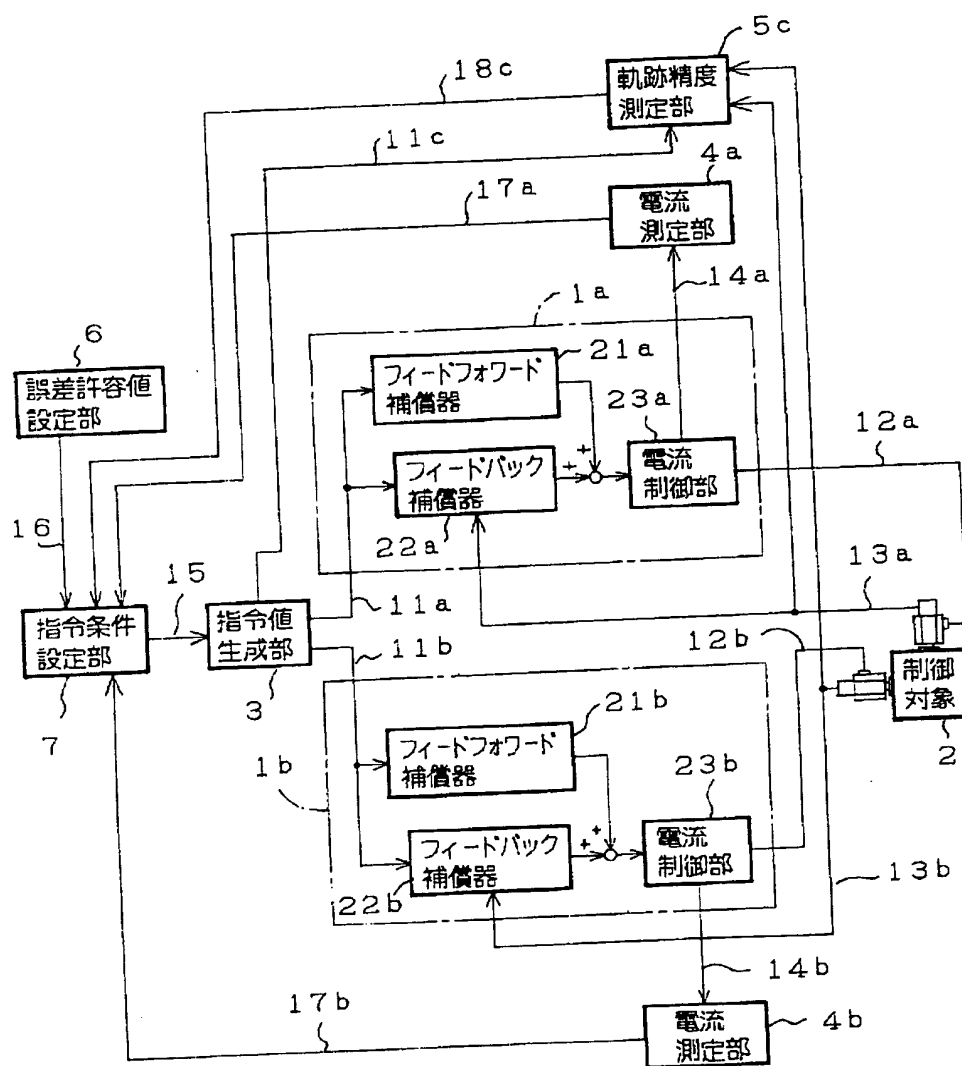
M08:切削液オン

G01:直線補間

G03:反時計回り円弧補間

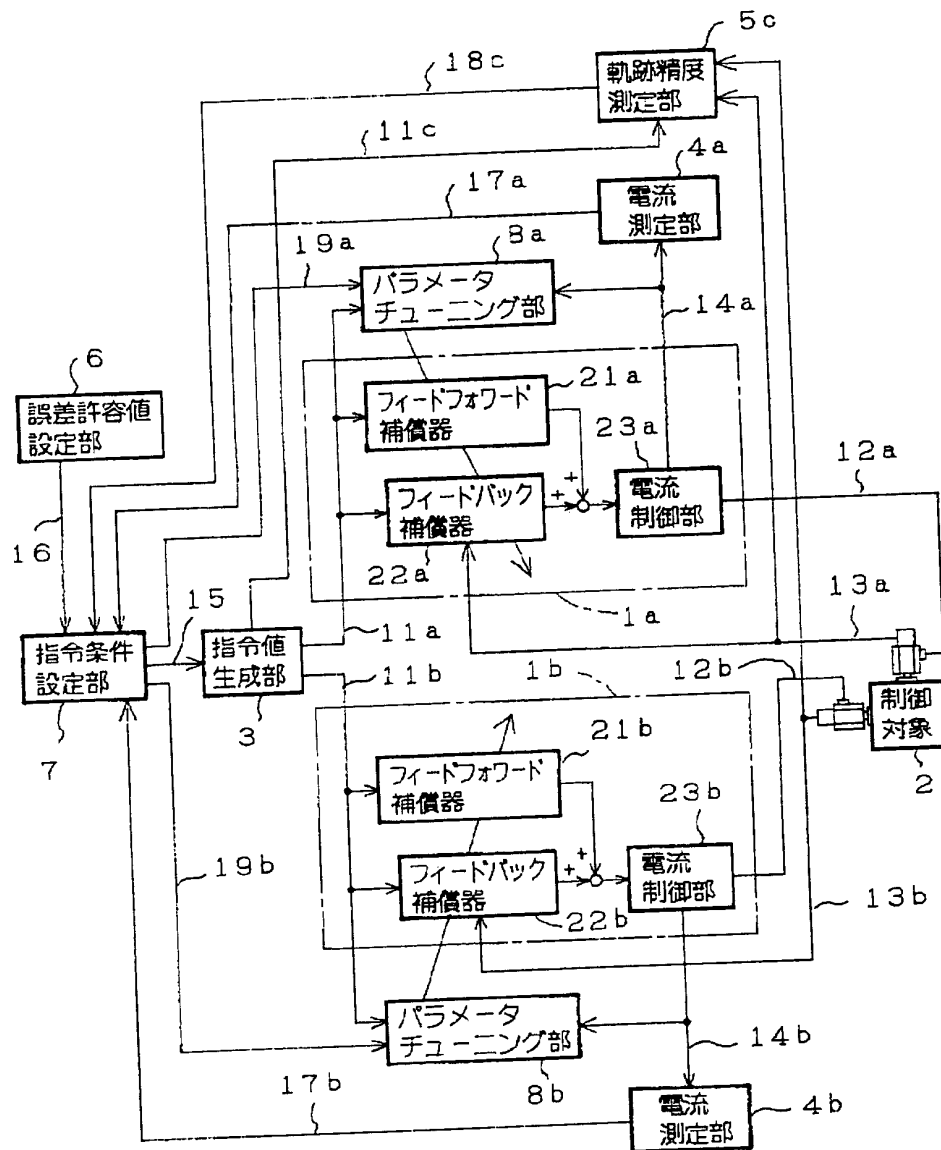
*/

【図3】



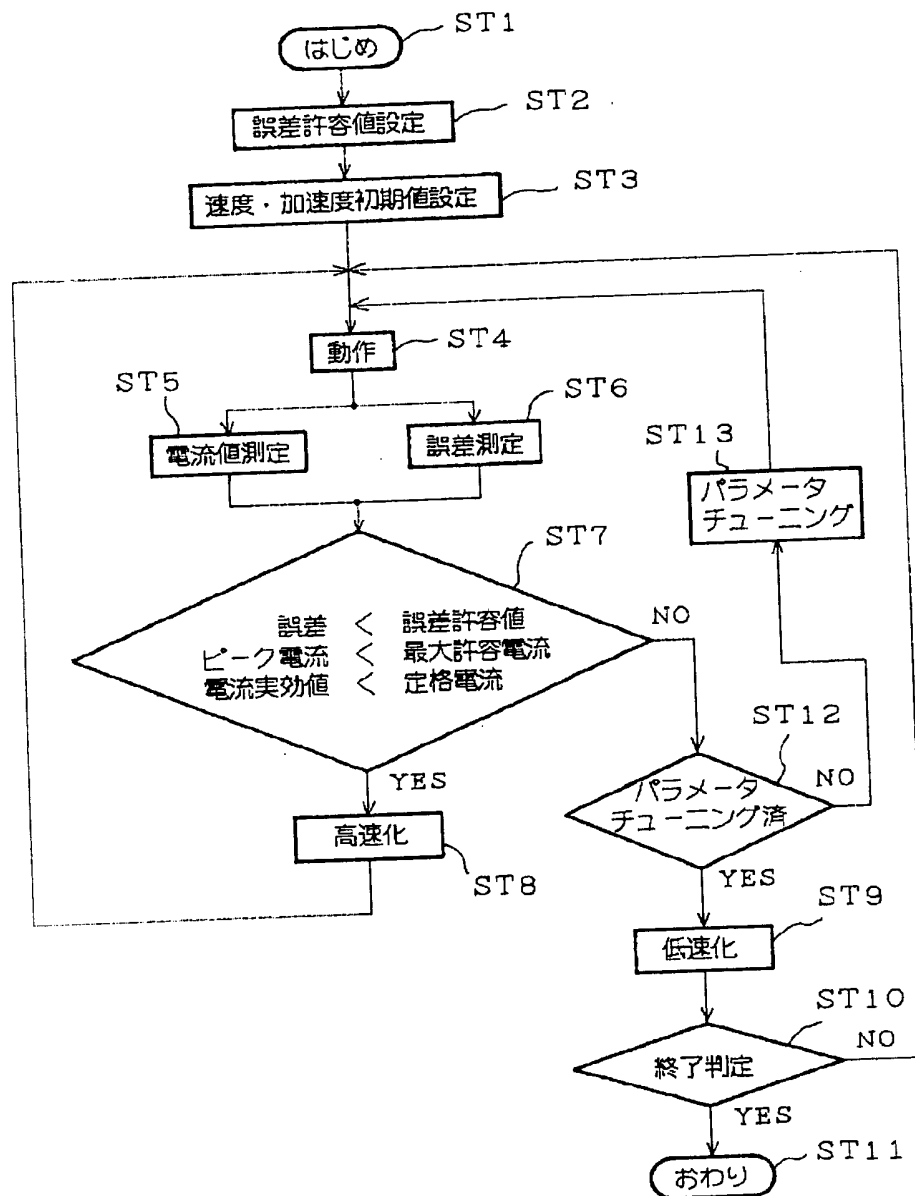
5c : 軌跡精度測定部 (精度測定部)
 11c : 動作指令値
 18c : 軌跡精度測定値 (誤差)

【図4】

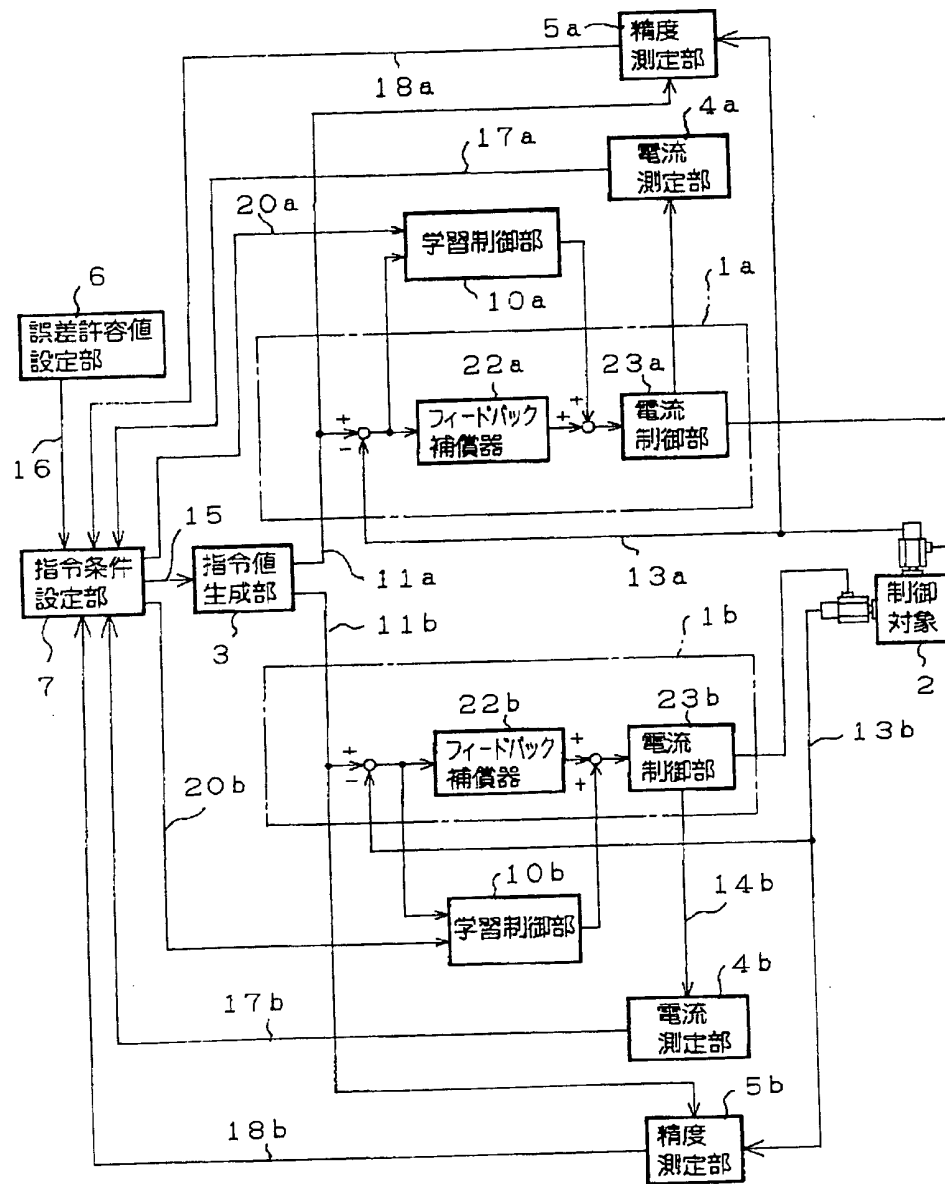


19a, 19b: パラメータチューニング実行指令

【図5】

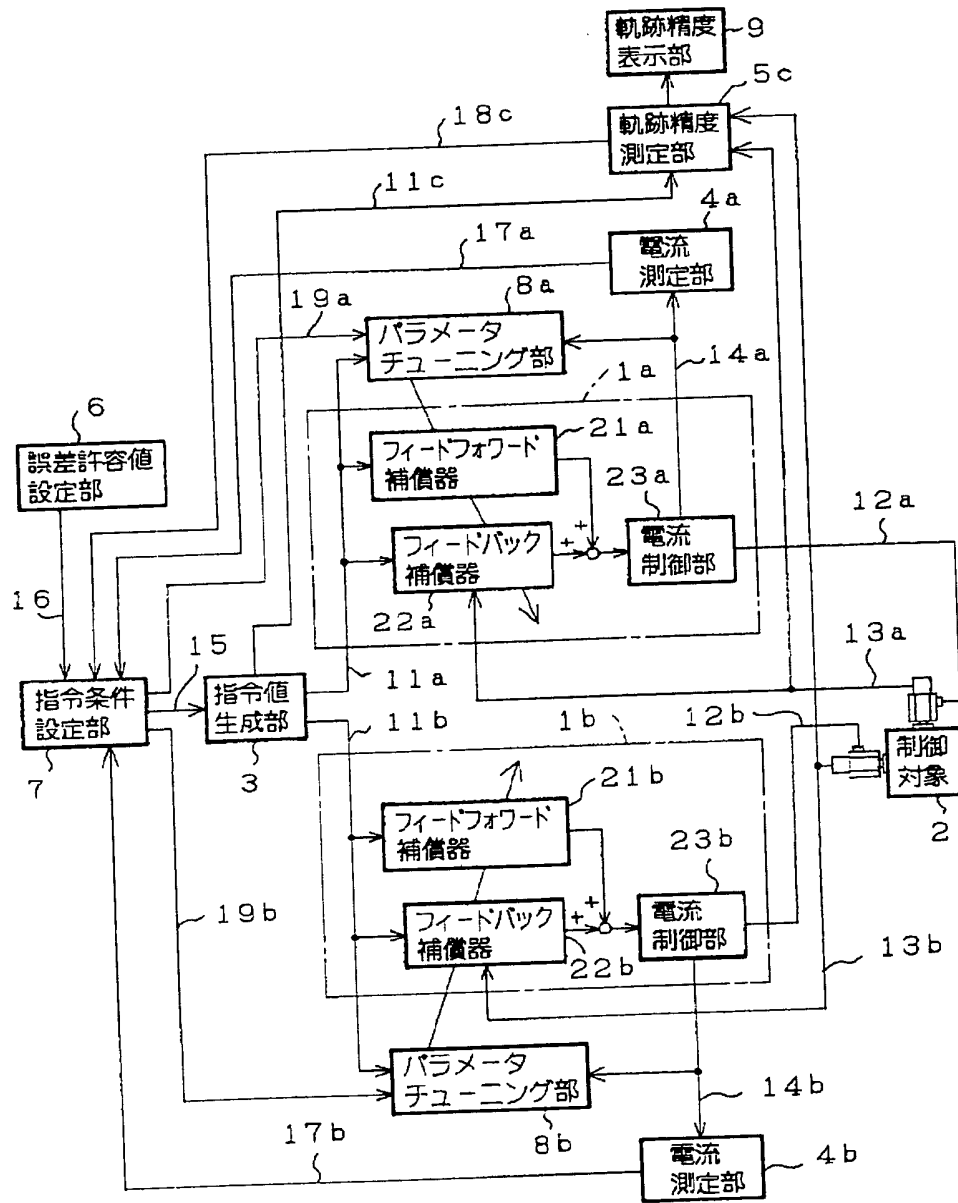


【図6】



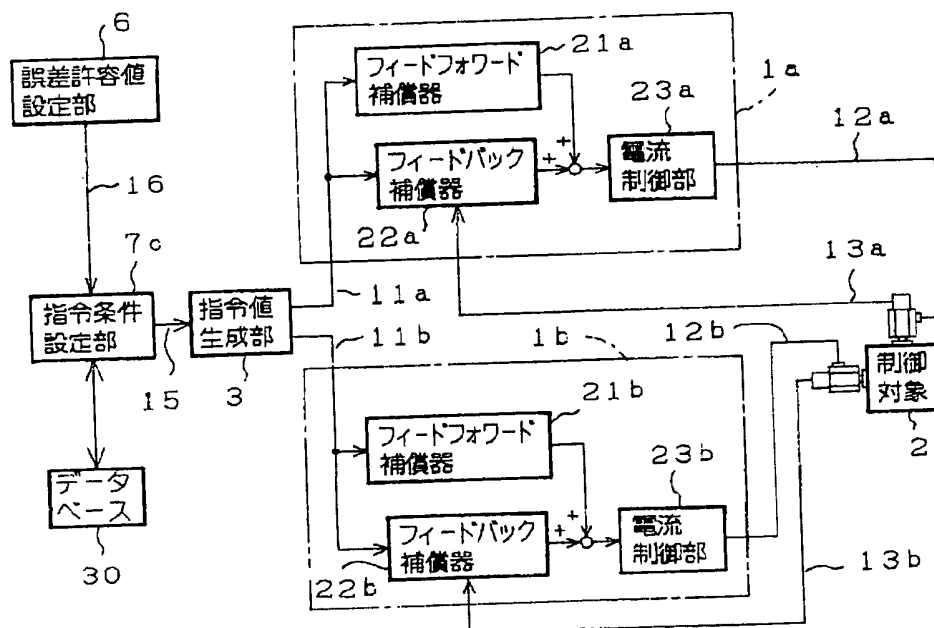
20a, 20b: 学習制御実行指令

【図7】



9: 軌跡精度表示部 (表示部)

【図8】



【図11】

／＊学習型＊／

```

N100 M300;
N110 G54 G90 G00 X0 Y0;
N120 G01 Z-10.0 F200;
N130 G03 10.0 J50.0 α 10;
N140 M301;

```

:

40

```

N210 G54 G90 G00 X0 Y0 M03 M08;
N220 G01 Z-10.0 F200 S1000;
N230 G03 10.0 J50.0 α 10;

```

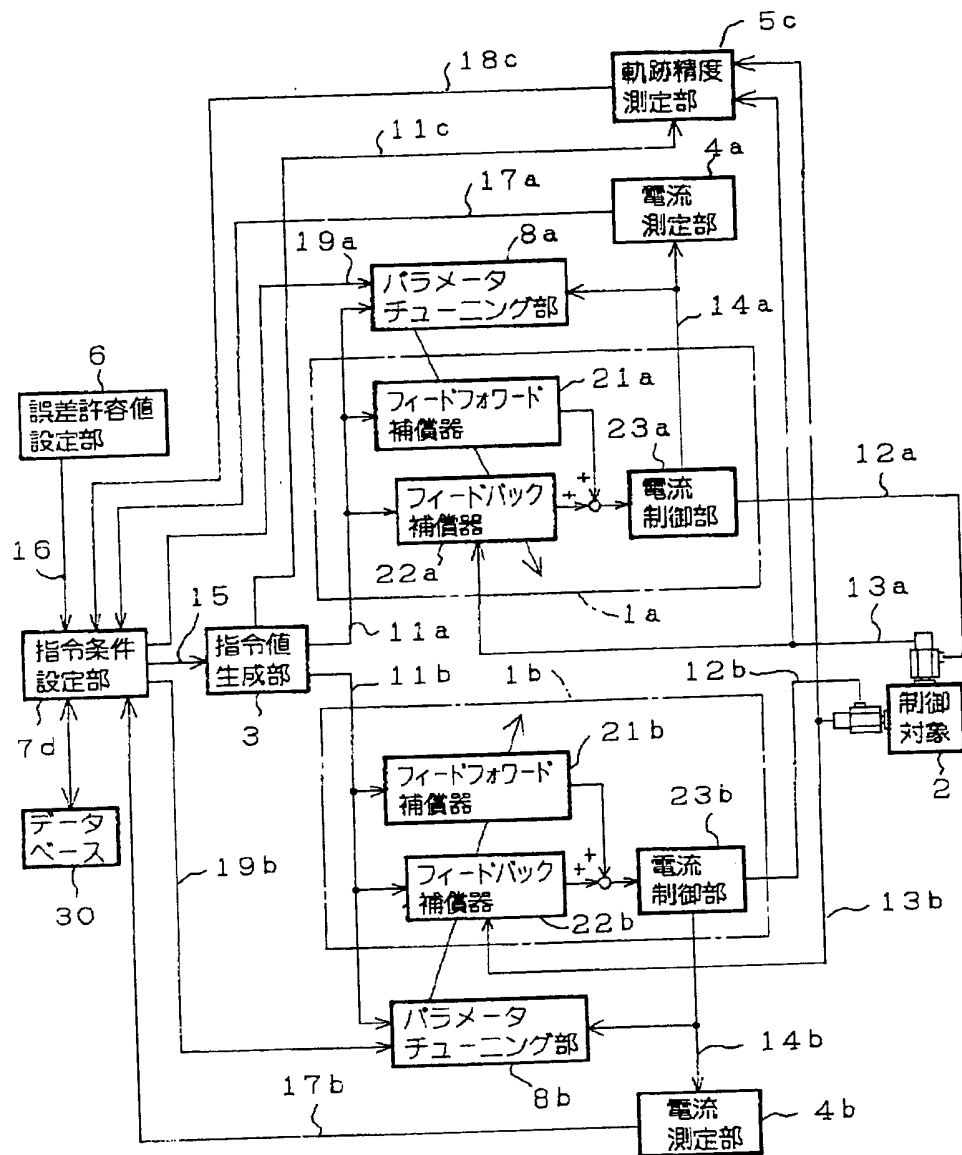
／＊

G54:ワーク座標系1
 G90:絶対値指令
 G00:早送り
 M03:主軸正転
 M08:切削液オン
 G01:直線補間
 G03:反時計回り円弧補間

＊／

40:プログラム

【図10】



【図12】

```

N310 G54 G90 G00 X0 Y0 M03 M08;
N320 G01 Z-10.0 F200 S1000;
N330 G03 10.0 J50.0 α10;

```

50

/*
 G54:ワーク座標系1
 G90:絶対値指令
 G00:早送り
 M03:主軸正転
 M08:切削液オン
 G01:直線補間
 G03:反時計回り円弧補間
 */

50:プログラム

【図13】

